

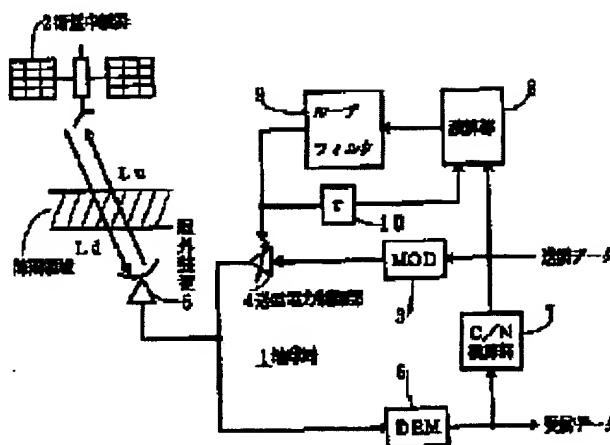
**JP5252084**

**Patent number:** JP5252084  
**Publication date:** 1993-09-28  
**Inventor:** TAKENAKA TETSUYOSHI; TOZAWA YOSHIHARU;  
 MISHIRO TOKIHIRO; KAZAMA HIROSHI  
**Applicant:** FUJITSU LTD.; NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE  
**Classification:**  
 - international: H04B7/15; H04B1/04  
 - european:  
**Application number:** JP19920045802 19920303  
**Priority number(s):** JP19920045802 19920303

Report a data error here

**Abstract of JP5252084**

**PURPOSE:** To attain the stable control of transmission power by controlling an increase rate of transmission power at a succeeding time so that a reception C/N estimated from the increasing rate of transmission power is equal to an actually measured C/N thereby generating control information with a small scale circuit. **CONSTITUTION:** An output of a transmission power control section 4 from a modulator 3 is sent to a satellite repeater 2 via an outdoor equipment 5, the equipment 5 receives its own station signal reflected in the repeater 2 and the signal is demodulated by a demodulator 6. A C/N conversion section 7 calculates the actually measured C/N from the demodulation output, and an arithmetic operation section 8 calculates information used for the control section 4 to control the transmission power at a succeeding time based on an increasing rate X of the transmission power at a current point of time at a fine weather and on the actually measured C/N. The arithmetic operation is implemented by including each of conditions such as rainfall attenuation quantities  $L_u$ ,  $L_d$ , deterioration in reception C/N, a propagation time and a frequency of a radio wave for both up-link and down-link. Thus, control information is generated with a small scale circuit and stable control of transmission power is attained.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-252084

(43) 公開日 平成5年(1993)9月28日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 7/15				
1/04	E	7240-5K		
		6942-5K	H 0 4 B 7/15	Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平4-45802

(22) 出願日 平成4年(1992)3月3日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 竹中 哲喜

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 戸沢 義春

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 茂泉 修司

最終頁に続く

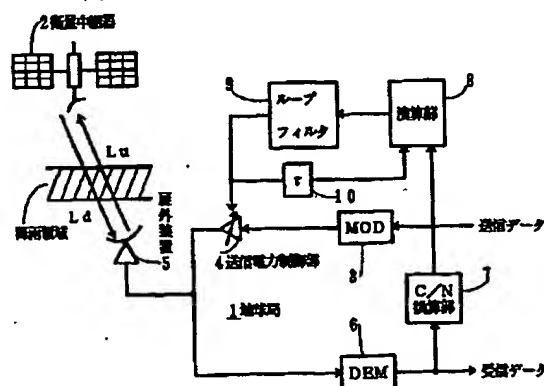
(54) 【発明の名称】 送信電力制御方式

(57) 【要約】

【目的】 衛星通信システムの地球局における送信電力制御方式に関し、地球局から衛星中継器へのアップリンクにおける降雨減衰量を補償して該衛星中継器への到達電力を降雨減衰量に依らず一定とする送信電力制御方式において、回路規模を小型化し、制御情報の生成を容易にし、制御を滑らかに行うと共に安全性を高めることを目的とする。

【構成】 晴天時に対する現時点での送信電力の増大率が丁度アップリンクにおける降雨減衰量を補償しているものとし、ダウンリンクの降雨減衰量が該受信C/Nの劣化分に等しいものとしてC/Nの推定を行い、この推定したC/Nと実測C/Nとが等しくなるように、またアップリンクとダウンリンクの降雨強度を推定して両者が等しくなるように、更には送信電力の増大率を推定して実際の送信電力増大率と等しくなるように次の時刻の送信電力の増大率を制御するように構成する。

本発明の原理図



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 地球局(1) から衛星中継器(2) へのアップリンクにおける降雨減衰量を補償して該衛星中継器への到達電力を降雨減衰量に依らず一定とする送信電力制御方式において、

変調器(3) と、

該変調器(3) の出力を制御する送信電力制御部(4) と、  
該送信電力制御部(4) の出力を該衛星中継器(2) へ送信すると共に該衛星中継器(2) で折り返された該自局信号を受信する屋外装置(5) と、

該屋外装置(5) で受信した該自局信号を復調する復調器(6) と、

該復調器(6) の出力から該自局信号の実測C/N を算出するC/N 換算部(7) と、

晴天時に対する現時点での送信電力の増大率(X) と該実測C/N とから次時刻の送信電力の制御情報を抽出する演算部(8) と、

該演算部(8) からの該送信電力の増大率(X) を制御する制御信号を平均化して該送信電力制御部(4) に与えるループフィルタ(9) と、

該送信電力の増大率(X) を示す制御信号を該衛星中継器(2) - 地球局(1) 間の電波伝搬時間に由来する送信電力の制御が該実測C/N に反映されるまでの時間のずれを補正する遅延器(10) と、

を備え、該演算部(8) が、該実測C/N と該遅延器(10) からの該送信電力の増大率(X) を示す制御信号を入力し、晴天時に対する現時点での送信電力の増大率(X) が丁度アップリンクにおける降雨減衰量(Lu) を補償しているものとし、該衛星中継器(2) から該地球局(1) へのダウンリンクの降雨減衰量(Ld) が該実測C/N の劣化分に等しいものとして該送信電力の増大率(X) から受信C/N の推定を行い、この推定したC/N([C/N]') と該実測C/N とが等しくなるように次の時刻の送信電力の増大率(X) を制御することを特徴とした送信電力制御方式。

【請求項2】 該演算部(8) が、C/N の推定の代わりに、該送信電力の増大率(X) に対応するアップリンクの降雨強度(Ru) を推定し、また受信信号の晴天時からのC/N 劣化量([C/N]<sub>0</sub> - [C/N]) を該ダウンリンクの降雨減衰によるものとして、このC/N 劣化量に対応する降雨強度(Rd) を推定し、両降雨強度(Ru, Rd) が等しくなるように次の時刻の送信電力の増大率(X) を制御することを特徴とした請求項1に記載の送信電力制御方式。

【請求項3】 該演算部(8) が、該C/N 劣化量に対応する降雨強度(Rd) から更に晴天時の値を基準にした送信電力の増大率(X') を推定し、これと実際の送信電力の増大率(X) とが等しくなるように次の時刻の送信電力の増大率(X) を制御することを特徴とした請求項2に記載の送信電力制御方式。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

2

【産業上の利用分野】 本発明は送信電力制御方式に関し、特に衛星通信システムの地球局における送信電力制御方式に関するものである。

【0002】 衛星通信システムにおいては、その使用する周波数(たとえば、Ka帯やKu帯)から降雨の影響により降雨減衰と呼ばれる信号電力に無視できない減衰が生じる。これはシステムにとって、回線品質の劣化という結果として表れるので、衛星通信システムの地球局では、降雨減衰に対して余裕のある送信電力を考慮したシステム設計がされなければならない。

【0003】 一方、システムの経済性の観点からは、必要以上に大きな送信電力で常時運用することは好ましくなく、また、過大な入力電力により衛星中継器の利用効率が低下したり隣接衛星への妨害が生ずる。

【0004】 従って、システムの信頼性を保つために降雨が発生している地域の地球局のみに対して、地球局から衛星中継器へのアップリンクの降雨減衰量を考慮し衛星に到達する信号電力を一定に保つ必要がある。

【0005】

【従来の技術と課題】 送信電力制御方式の従来例として制御情報を得るためにデータ・情報の通信に使用する電波の他にビーコンと呼ばれる衛星から一方的に送出される電波を利用する方式がある。この送信電力制御方式では、アップリンクの降雨減衰量を補償するものであるが、ビーコン信号は衛星中継器から地球局へのダウンリンクの降雨減衰の影響のみを被っているので、アップリンク及びダウンリンク両方の影響を被っている衛星折り返しの自局信号の中からダウンリンクの影響を削除しアップリンクの降雨減衰量を求めている。

【0006】 この方式ではビーコン信号専用受信器を用意する必要があり、必然的にハードウェアの規模の増大を招く。(回路規模の問題)

【0007】 一方、衛星折り返しの自局信号を情報源として、自律的にフィードバックループを構成して送信電力制御を行うことも可能である。この方式ではビーコンは使用しないが、衛星折り返しの自局信号には、アップリンク及びダウンリンク両方の降雨減衰の影響が含まれている。

【0008】 この場合、衛星に到達する信号電力を測定することはできない。そこで降雨時には、アップリンク及びダウンリンク両方の降雨減衰量を各リンク分に切り分け、衛星に到達する電力が晴天時の値と同じになっているかどうかを推定することが必要になり、少なくとも大小関係だけでも知る必要がある。(制御情報の生成の困難性の問題)

【0009】 ところで、衛星折り返し自局信号の劣化量を測定し、送信電力制御の情報源にしているような送信電力制御方式は、常に一定時間単位毎に制御状況、すなわち受信信号の劣化量を観測し、それを次の時刻の制御に反映させることになる。ここで観測に基づく制御偏差

に関する情報には、観測時間の制約による統計誤差、測定手段の不完全性に起因する誤差等の誤差要因を含み、これを直接用いて送信電力を制御したのでは誤差の影響により送信電力にばたつきが生じると共に、突発的な擾乱に対して滑らかで安定な送信電力を制御することができない。(制御の滑らかさ・安定性の問題)

【0010】従って、本発明は、地球局から衛星中継器へのアップリンクにおける降雨減衰量を補償して該衛星中継器への到達電力を降雨減衰量に依らず一定とする送信電力制御方式において、回路規模を小型化し、制御情報の生成を容易にし、制御を滑らかにを行うと共に安全性を高めることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段及び作用】まず、回路規模を増大させないためには、通信に用いる電波以外には使わないことが望ましい。そこで、衛星折り返しの自局の信号を受信し、これが被っている降雨減衰の影響を測定して晴天時における値で一定となる送信電力を制御することが考えられる。

【0012】ところで、衛星折り返しの信号には、アップリンクでの降雨減衰及びダウンリンクの降雨減衰による両方の影響が含まれている。従って、本発明で考えているような衛星に到達する信号電力を晴天時における値で一定にするような送信電力制御方式では、そのときの送信電力の値(晴天時の値を基準として)と、衛星折り返しの自局信号に含まれる降雨減衰量の測定値から、そのときの衛星に到達する信号電力の値(やはり晴天時の値を基準として)を推定することが必要になる。

【0013】ここで、衛星折り返しの自局信号については、アップリンク及びダウンリンクにおける降雨減衰量が一定の比率に分解できる。

【0014】それは、まずアップリンクとダウンリンクとは物理的には図1に斜線で示すように同一の降雨領域を経由することから降雨強度はどちらのリンクに対しても等しいこと、そして降雨減衰量は降雨強度と電波の周波数とに関係しているが、降雨強度が等しいときアップリンクの周波数とダウンリンクの周波数とが決まっていれば、アップリンクにおける降雨減衰量とダウンリンクにおける降雨減衰量とは周波数関係だけに依存した一定の比率になるからである(図2(a)参照)。

【0015】そこで、このことを利用して、本発明に係る各送信電力制御方式では、図1に原理的に示すように、変調器3と、変調器3の出力を制御する送信電力制御部4と、送信電力制御部4の出力を衛星中継器2へ送信すると共に衛星中継器2で折り返された自局信号を受信する屋外装置5と、屋外装置5で受信したプリアンブル信号を復調する復調器6と、復調器6の出力から該自局信号の実測C/Nを算出するC/N換算部7と、晴天時に対する現時点での送信電力の増大率Xと該実測C/Nとから次時刻の送信電力を制御する情報を抽出する演算部8

と、演算部8からの送信電力の増大率Xを制御する制御信号を平均化して送信電力制御部4に与えるループフィルタ9と、送信電力の増大率Xを示す制御信号を衛星中継器2-地球局1間の電波伝搬時間に由来する送信電力の制御が該実測C/Nに反映されるまでの時間のずれを補正する遅延器10とを備え、衛星中継器2に到達する信号電力が晴天時における値と等しくなるように、以下に述べる「演算部8」でのそれぞれ異なった本発明の各手法により演算・制御している。

#### 10 【0016】第1の本発明による演算手法

図2(b)は衛星に到達する信号電力Yと降雨強度Rとの関係を示しており、送信電力を制御しなければ(TPC=OFF:点線)アップリンクの降雨減衰量Luの分だけ衛星に到達する信号電力Yは減衰し、送信電力制御が理想的に行われている場合(TPC=ON:太線で示す定常状態)には、丁度アップリンクの降雨減衰量Luを補正するように送信電力が増大され、衛星に到達する信号電力Yは晴天時Y<sub>0</sub>と同じ値になる。

【0017】同図(c)は降雨強度Rと衛星折り返しの自局プリアンブル信号の晴天時に対する劣化量を示すC/N(搬送電力対雑音電力比)との関係を示しており、送信電力を制御しない場合(TPC=OFF:点線)、C/Nはアップリンク及びダウンリンク両方の降雨減衰を被っているが、送信電力が理想的に制御されている場合(TPC=ON:太線で示す定常状態)には、衛星への到達信号電力Yは晴天時と同じになっている筈であるから衛星中継器2から地球局1への出力電力も晴天時のそれと等しくなっている。従って、地球局1の受信C/Nはダウンリンクの降雨減衰Ldだけを被ることになる。

【0018】今、降雨強度がRであるとし、アップリンクの周波数をfu、ダウンリンクの周波数をfdとすると、アップリンクの降雨減衰量Lu、ダウンリンクの降雨減衰量Ldは、図2(a)の特性により、

$$Lu = Lu(R; fu) (>0) \text{ [dB]} \quad \dots(1)$$

$$Ld = Ld(R; fd) (>0) \text{ [dB]} \quad \dots(2)$$

という形で表すことができる。

【0019】この時の送信電力の晴天時送信電力(R=0)に対する増大率をX [dB]とすると、衛星折り返しの自局信号の受信C/Nは、

$$40 \quad [C/N] = [C/N]_0 - Lu - Ld + X \quad \dots(3)$$

となる。ここで、[C/N]<sub>0</sub>は晴天時で送信電力が基準値(X=0)のときの受信C/Nである。

【0020】もし送信電力制御がその定常状態(TPC=ON)に達しているとすれば、

$$- Lu + X = 0$$

すなわち、

$$Lu = X \quad \dots(4)$$

であり、この場合には受信C/Nは、

$$[C/N] = [C/N]_0 - Ld \quad \dots(5)$$

となっている。

5

【0021】上記式(1)及び(4)より送信電力制御の定常状態では、図2(a)の $L_u$ のグラフと同様にして、

$$X = Lu(R;fu) \quad \dots(6)$$

となる。

【0022】従って、同図(a)のグラフには縦軸を $L$ と共に $X$ についても取ることができ、これを同グラフから或る $X$ に対応する $R$ について解いて、

$$R' = R(X;fu) \quad \dots(7)$$

として得られた式(7)を式(2)、(5)に代入すると、

$$[C/N]' = [C/N]_0 - Ld \\ = [C/N]_0 - Ld(R' = R(X;fu);fd) \quad \dots(8)$$

が得られる。

【0023】この式(8)は、そのときの送信電力値 $X$ で $L_u$ を丁度補正しているものとして、そのときの $X$ に対応する降雨強度 $R'$ を図2(a)のアップリンクの $L_u$ 特性に準じて求め、得られた $R'$ により同図(a)の $L_d$ 特性から $L_d$ を算出して受信 $C/N$ を推定できることを意味しており、送信電力増大率 $X$ から受信 $C/N$ を推定した形になっている。

【0024】しかしながら、もし、送信電力値が完全に $L_u$ を補正していなければ、すなわち、

$$Lu > X \quad \dots(9)$$

であれば、このとき推定している降雨強度 $R'$ は同図(a)の $L_u$ のグラフから、実際の降雨強度 $R$ よりも小さく、

$$R > R' = R(X;fu) \quad \dots(10)$$

であり、式(8)の推定 $[C/N]' (= [C/N]_0 - Ld(R' = R(X;fu);fd))$ は、降雨強度を小さく見積ることにより $L_d$ も小さくなるので、実際に測定した $[C/N]$ より高くなる。

【0025】従って、推定 $[C/N]'$ が実測 $[C/N]$ よりも高くなっている場合には、衛星中継器2に到達する電力は足りないことを示しているので、次の時刻の送信電力は現在のそれよりも大きくすればよいことになる。

【0026】この操作を繰り返して、推定 $[C/N]'$ が測定 $[C/N]$ に等しくなるように、言い換えれば推定降雨強度 $R(X;fu)$ が実際のそれに等しくなるように $X$ を制御する。

【0027】逆に、送信電力値が $L_u$ 以上になっている場合には、

$$Lu < X \quad \dots(11)$$

となり、推定している降雨強度 $R'$ は実際の降雨強度 $R$ よりも大きく、

$$R < R' = R(X;fu) \quad \dots(12)$$

であり、推定 $[C/N]' (= [C/N]_0 - Ld(R' = R(X;fu);fd))$ は、実際の測定 $[C/N]$ より低くなっているため、推定 $[C/N]'$ が実測 $[C/N]$ よりも低くなっている場合には、次の時刻の送信電力増大率 $X$ は現在のそれよりも小さくすればよいことになる。

【0028】この操作を繰り返して、そして推定 $[C/N]'$ が測定 $[C/N]$ に等しくなるように、言い換えれば、推定降雨強度 $R' = R(X;fu)$ が実際の降雨強度 $R$ に等しくなるよ

6

うに、送信電力増大率 $X$ を制御することにより、衛星中継器2の到達信号電力を晴天時における一定値に制御することができる。

#### 【0029】第2の本発明による演算法

この場合にも、まず送信電力の増大率 $X$ がアップリンクの降雨減衰量 $L_u$ を丁度補正しているものとし、上述の式(6)を仮定する。

【0030】そしてこの仮定が正しければそれ以上送信電力を制御する必要はないが、逆に仮定が正しくなければ、どのように正しくないかという情報を基に次の時刻の送信電力を制御する。

【0031】式(6)より、これを或る降雨強度 $R$ について図2(a)のグラフより求めて、

$$Ru = Ru(X;fu) \quad \dots(13)$$

を得る。

【0032】また、式(8)を変形すると、

$$[C/N]_0 - [C/N] = Ld(R;fd) \quad \dots(14)$$

が得られる。すなわち、 $C/N$ の晴天時からの劣化量は、図2(c)の太線に示すようにダウンリンクの降雨減衰量 $L_d$ に等しいはずであるから、これを降雨強度 $R$ について求めて、

$$Rd = Rd(Z;fd) \quad \dots(15)$$

が得られる。ただし、 $Z$ は図2(c)の縦軸を示し、

$$Z = [C/N]_0 - [C/N] \quad \dots(16)$$

なる受信 $C/N$ 劣化量である。

【0033】そして、 $Ru$ と $Rd$ とを比較して両者が等しければ上の仮定が正しいということで、等しくなければ仮定が正しくないことになる。

【0034】即ち、そのときの送信電力値では正しくアップリンクの降雨減衰量 $L_u$ の補正をしていないことになる。

【0035】実際、 $Ru > Rd$ ならば $X$ が大き過ぎる(送信電力の増大率がアップリンクの降雨減衰量 $L_u$ よりも大きい)からで、逆に $Ru < Rd$ ならば $X$ が小さ過ぎるからである。

【0036】よって、

$$Ru > Rd \quad \text{ならば、} X \text{を減少} \quad \dots\dots(17)$$

$$Ru < Rd \quad \text{ならば、} X \text{を増大}$$

というアルゴリズムに基づいて送信電力の増大率 $X$ を制御していけば、最終的には仮定した式(6)が成り立ち、目的の送信電力制御ができることになる。

#### 【0037】第3の本発明による演算法

ここでも式(6)を仮定して、これに基づく推定値が実際の値と等しいかどうかにより送信電力を制御する。

【0038】この場合もそのときの送信電力値が正しくアップリンクの降雨減衰量 $L_u$ の補正をしているものとして、上記の第2の手法における受信 $C/N$ の劣化量から式(15)及び図2(c)により求めた降雨強度 $Rd$ から図2(a)において逆に送信電力の増大率 $X'$ (晴天時の値を基準と

7

した)を推定することができる。

【0039】即ち、式(6)のRにRdを代入して、

$$X' = Lu(Rd;fu) \quad \dots(18)$$

が得られる。

【0040】これと実際の送信電力増大率Xと比較し、両者が等しければ仮定が正しいことを意味し、等しくなければ仮定が正しくないことを意味している。

【0041】実際、 $X > X'$ となるのは必要以上に送信電力を大きくしているからで、逆に、 $X < X'$ となるのは送信電力が足りなくてアップリンクの降雨減衰を補正し切れていないからである。従って、

$$X > X' \text{ ならば、} X \text{ を減少} \quad \dots(19)$$

$$X < X' \text{ ならば、} X \text{ を増大}$$

させれば、最終的には仮定した式(6)が成り立ち、目的の送信電力制御ができる。

#### 【0042】ループフィルタの作用

上述した本発明の演算部8での各手法において、衛星折り返しの自局プリアンプル信号に対するC/N測定の結果と現時刻における送信電力増大率Xに基づいて種々の制御を施しているが、送信電力増大率Xそのものには誤差を含む要因はないものの、C/Nの測定値には有限の測定時間に起因して統計的誤差や、測定系の不完全性に起因した測定誤差などが含まれる。またC/Nの測定値から降雨強度や送信電力増大率の推定を行っているため、それらの推定値には誤差伝搬の問題が生じてくる。

【0043】このように誤差を含む制御情報に基づく制御系の動作には不要な変動や制御誤差が生じ、制御ループにループフィルタ9を導入しないと、図3(a)に示すように、例えば、時刻 $t_1$ において降雨が発生し、時刻 $t_2$ において降雨強度の意味において定常状態に達しているとすると、種々の誤差要因により、平均的には点線で示す理想的な制御系と同じ制御をしているが各時刻の送信電力値は理想値のまわりにばらついてしまう。

【0044】そこで、演算部8からの制御情報に含まれる誤差要因を一種の雑音と見做してローパスフィルタ9により衛星中継器2-地球局1間の電波伝搬遅延よりも遅い応答の伝達関数を与えるフィルタリング(定性的には平均操作)を行うことにより、図3(b)に示すように、その結果で送信電力制御部4を制御している。

#### 【0045】

【実施例】以下の実施例の説明では次のように降雨減衰量は降雨強度に単純に比例するものとする。

アップリンク  $Lu = ku \cdot R$  ( $ku$  = 一定)

ダウンリンク  $Ld = kd \cdot R$  ( $kd$  = 一定)

#### 【0046】第1の本発明の実施例

図4は、図1に示した演算部8によって実行される第1の本発明の実施例を示したもので、この実施例では、遅延器10からの送信電力の増大率 $X$ に対して、図2(a)に示すアップリンクの降雨減衰量特性 $Lu$ の降雨強度 $R$ に

8

対する傾き $Ku$ とダウンリンクの降雨減衰量特性 $Ld$ の降雨強度 $R$ に対する傾き $Kd$ との比 $Kd/Ku$ を掛ける乗算器81と、この乗算器81の出力を晴天時の $[C/N]_0$ から減算する減算器82と、C/N換算部7から出力される受信C/Nから減算器82の出力を減算してループフィルタ9に与える減算器83とで構成されている。

【0047】次にこの実施例の動作を説明すると、送信電力の増大率 $X$ が丁度アップリンクの降雨減衰量 $Lu$ を補償しているものとする、前述したように、

$$X = Lu = kuR \quad \dots(20)$$

となっている筈である。従って、受信C/Nは、

$$[C/N] = [C/N]_0 - kdR \quad \dots(21)$$

で表され、前述した如くダウンリンクの降雨減衰だけの影響を受けることとなる。

【0048】このことは、送信電力が $X$ だけ増大されているときのアップリンクの降雨強度が、

$$R' = X/ku \quad \dots(22)$$

であると仮定することと等価である。この仮定の下で、式(21)の右辺の $R$ に $R'$ を代入して受信C/Nが推定できる。すなわち、

$$\begin{aligned} [C/N]' &= [C/N]_0 - kdR' \\ &= [C/N]_0 - kdX/ku \quad \dots(23) \end{aligned}$$

【0049】これは図4に示した演算部8中の乗算器81と減算部82とで与えられるものであり、この推定した $[C/N]'$ と、上記の式(3)に示したC/N換算部7から出力される実際の受信 $[C/N] = [C/N]_0 - Lu - Ld + X$ との差を求める。

(推定C/N) - (実測C/N)

$$\begin{aligned} &= [C/N]' - [C/N] \\ &= [C/N]_0 - kdX/ku - ([C/N]_0 - kuR - kdR + X) \\ &= (kuR - X) + (kd/ku)(kuR - X) \\ &= (kuR - X)(1 + kd/ku) \quad \dots(24) \end{aligned}$$

【0050】従って、

$$\begin{aligned} & \left. \begin{aligned} & \text{〔推定C/N〕 - 〔実測C/N〕} > 0 \\ & \text{のとき、} X < kuR \\ & \text{〔推定C/N〕 - 〔実測C/N〕} < 0 \\ & \text{のとき、} X > kuR \end{aligned} \right\} \quad \dots(25) \end{aligned}$$

となる。即ち、〔推定C/N〕 > 〔実測C/N〕のときには、そのときの送信電力増大率 $X$ は丁度アップリンクの降雨減衰量 $Lu$ を補償しているものとする式(20)の $kuR$ より小さく、不足しており、〔推定C/N〕 < 〔実測C/N〕のときには $X$ は大き過ぎることを示している。

【0051】従って、

$$\begin{aligned} & \left. \begin{aligned} & \text{〔推定C/N〕 - 〔実測C/N〕} > 0 \\ & \text{のとき、} X \text{ を増大} \\ & \text{〔推定C/N〕 - 〔実測C/N〕} < 0 \\ & \text{のとき、} X \text{ を減少} \end{aligned} \right\} \quad \dots(26) \end{aligned}$$

という制御を行うための〔推定C/N〕 - 〔実測C/N〕がフィルタ9を経て送信電力制御部4に与えられることとなる。

## 【0052】第2の本発明の実施例

図5は、図1に示した演算部8によって実行される第2の本発明の実施例を示したもので、この実施例では、遅延器10からの送信電力の増大率 $X$ に対して、図2(a)に示すアップリンクの降雨減衰量特性 $L_u$ の降雨強度 $R$ に対する傾き $K_u$ の逆数 $1/K_u$ を掛ける乗算器84と、晴天時の $[C/N]_0$ から $C/N$ 換算部7から出力される受信 $C/N$ を減算する減算器85と、この減算器85の出力にダウンリンクの降雨減衰量特性 $L_d$ の降雨強度 $R$ に対する傾き $K_d$ の逆数 $1/K_d$ を掛ける乗算器86と、これらの乗算器84と86の出力差を求めてループフィルタ9に与える減算器87とで構成されている。

【0053】この第2の本発明の場合には、第1の本発明と同様に、送信電力の増大率 $X$ が丁度アップリンクの降雨減衰量を補償しているものとして、送信電力から推定される降雨強度は、

$$R_u' = X / K_u \quad \dots(27)$$

であり、乗算器84によって与えられる。

【0054】また、受信 $C/N$ よりダウンリンクからの降雨強度は、

$$[C/N] = [C/N]_0 - K_d R \quad \dots(28)$$

と置いて、 $R$ について解くと、

$$R_d' = Z / K_d \quad \dots(29)$$

となり、これは乗算器86で与えられる。これは図2(c)に示した降雨強度を示している。

【0055】ここで、

$$Z = [C/N]_0 - [C/N] \\ = K_u R + K_d R - X \quad \dots(30)$$

として減算器85で与えられるものであり、

$$R_d' = 1/K_d \cdot (K_u R + K_d R - X) \quad \dots(31)$$

となる。これと $R_u'$ とを比較すると、

$$R_u' - R_d' = X/K_u - 1/K_d \cdot (K_u R + K_d R - X) \\ = (X - K_u R) / K_u + (X - K_u R) / K_d \\ = (X - K_u R) (1/K_u + 1/K_d) \quad \dots(32) \text{ となる。}$$

【0056】これより、

$$\left. \begin{aligned} R_u' - R_d' > 0 \text{ のとき、} X > K_u R \\ R_u' - R_d' < 0 \text{ のとき、} X < K_u R \end{aligned} \right\} \quad \dots(33)$$

となっている。

【0057】即ち、 $R_u' - R_d' > 0$ のときには送信電力は大き過ぎ、逆に、 $R_u' - R_d' < 0$ のときには送信電力は小さ過ぎることを示している。

【0058】従って、減算器87の出力 $R_u' - R_d'$ により、

$$\left. \begin{aligned} R_u' > R_d' \text{ のとき、} X \text{ を減少} \\ R_u' < R_d' \text{ のとき、} X \text{ を増大} \end{aligned} \right\} \quad \dots(34)$$

となるようにフィルタ9を経て送信電力制御部4が制御される。

## 【0059】第3の本発明の実施例

図6は、図1に示した演算部8によって実行される第3の本発明の実施例を示したもので、この実施例では、晴天時の $[C/N]_0$ から $C/N$ 換算部7から出力される受信 $C/N$ を減算する減算器88と、この減算器88の出力に比 $K_u/K_d$ を掛ける乗算器89と、遅延器10からの送信電力の増大率 $X$ から乗算器89の出力を減算する減算器90とで構成されている。

【0060】この実施例は、上記の第2の本発明における $R_d'$ から、その時の送信電力増大率 $X$ を推定することに基づく。

【0061】即ち、ダウンリンクの降雨強度が $R_d'$ のときに必要な送信電力の増大率は、

$$X' = K_u R_d' \quad \dots(35)$$

$$= K_u (1/K_d \cdot (K_u R + K_d R - X)) \quad \dots(36)$$

である。この式(36)は、上記から $K_u/K_d \cdot Z$ で示されるもので、減算器88と乗算器89とで生成でき、これと実際の送信電力 $X$ とを比較して、

$$X - X' = X - K_u / K_d \cdot (K_u R + K_d R - X)$$

$$= (X - K_u R) + K_u / K_d \cdot (X - K_u R)$$

$$20 \quad = (X - K_u R) (1 + K_u / K_d) \quad \dots(37) \text{ であるから、}$$

$$\left. \begin{aligned} X - X' > 0 \text{ のとき、} X > K_u R \\ X - X' < 0 \text{ のとき、} X < K_u R \end{aligned} \right\} \quad \dots(38)$$

となっている。

【0062】すなわち、 $X - X' > 0$ のときには送信電力は大き過ぎ、逆に、 $X - X' < 0$ のときには送信電力は小さ過ぎることを表している。

【0063】従って、

$$30 \quad \left. \begin{aligned} X > X' \text{ のとき、} X \text{ を減少} \\ X < X' \text{ のとき、} X \text{ を増大} \end{aligned} \right\} \quad \dots(39)$$

という制御を減算器90からフィルタ9を介して送信電力制御部4に対して行えばよい。

## 【0064】ループフィルタの実施例

上記の各実施例において使用可能な送信電力制御ループのループフィルタの具体的な構成例を示す。

【0065】(i) 移動平均型の低域通過型フィルタ

ループフィルタの最も簡単な実施例として、図7に示すように $N-1$ 個の遅延素子 $T$ と、加算器 $ADD$ と、除算器 $A$ とで構成し、制御偏差情報を過去の $N$ データにわたる平均値を出力とするような移動平均型のフィルタを用いることができる。

【0066】このフィルタの周波数特性は、 $f$ を周波数として $\sin(f)/f$ という形をもつが、図8に示すように、平均を取る際に適当な重み付け係数 $a_0 \sim a_{N-1}$ を掛けて荷重平均を出力とするようなことも可能であり、この場合、ループフィルタは一般のトランスバーサル型デジタルフィルタに等しく、所望の周波数特性を実現する重み付け係数を選べばよい。

50 【0067】(ii) 完全積分型の低域通過型フィルタ

ループフィルタとして、完全積分型の低域通過型フィルタを用いることができ、例えば図9に示すような乗算係数 $\alpha$ 、 $\beta$ の乗算器M1、M2と、加算器91、92と、遅延素子Tとで構成された線形な積分器であってもよいし、図10に示すような符号判定部94とアップ・ダウンカウンタ95とで構成した非線形の積分器でもよい。これらを用いる場合、この制御系に必要な制御偏差情報として厳密な制御偏差でなくてもよい。本実施例では最低限、制御偏差の符号を知るのみでも制御ループの定常状態では制御偏差を0とするような制御が可能である。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る送信電力制御方式では、晴天時に対する現時点での送信電力の増大率が丁度アップリンクにおける降雨減衰量を補償しているものとし、ダウンリンクの降雨減衰量が該受信C/Nの劣化分に等しいものとしてC/Nの推定を行い、この推定したC/Nと実測C/Nとが等しくなるように、またアップリンクとダウンリンクの降雨強度を推定して両者が等しくなるように、更には送信電力の増大率を推定して実際の送信電力増大率と等しくなるように次の時刻の送信電力の増大率を制御するように構成したので、通信以外の電波およびそのためのハードウェアを必要とせず、送信電力値と衛星折り返しの自局信号のC/N測定に基づく制御情報に基づき、ループフィルタの導入により穏やかで安定した動作をする送信電力制御が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る送信電力制御方式を原理的に説明

するためのブロック構成図である。

【図2】本発明で用いる種々の制御特性を示すグラフ図である。

【図3】ループフィルタを用いた場合と用いない場合の特性を比較するためのグラフ図である。

【図4】第1の本発明の一実施例を示す図である。

【図5】第2の本発明の一実施例を示す図である。

【図6】第3の本発明の一実施例を示す図である。

【図7】ロー・パス・フィルタの実施例を示した図である。

【図8】ロー・パス・フィルタの他の実施例を示した図である。

【図9】ロー・パス・フィルタの更に他の実施例を示した図である。

【図10】ロー・パス・フィルタの更に他の実施例を示した図である。

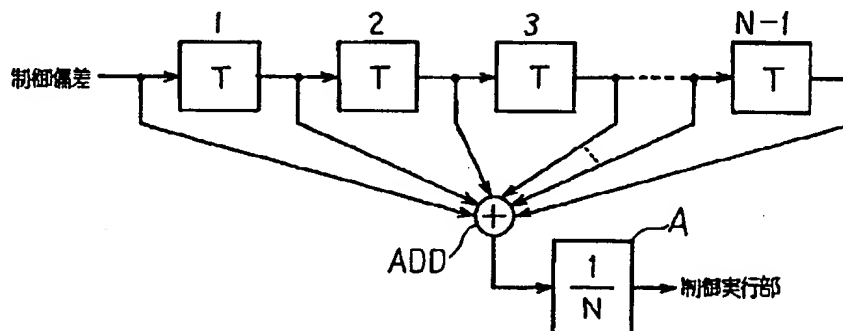
【符号の説明】

- 1 地球局
- 2 衛星中継器
- 3 変調器
- 4 送信電力制御部
- 5 屋外装置
- 6 復調器
- 7 C/N換算部
- 8 演算部
- 9 ループフィルタ
- 10 遅延器

図中、同一符号は同一又は相当部分を示す。

【図7】

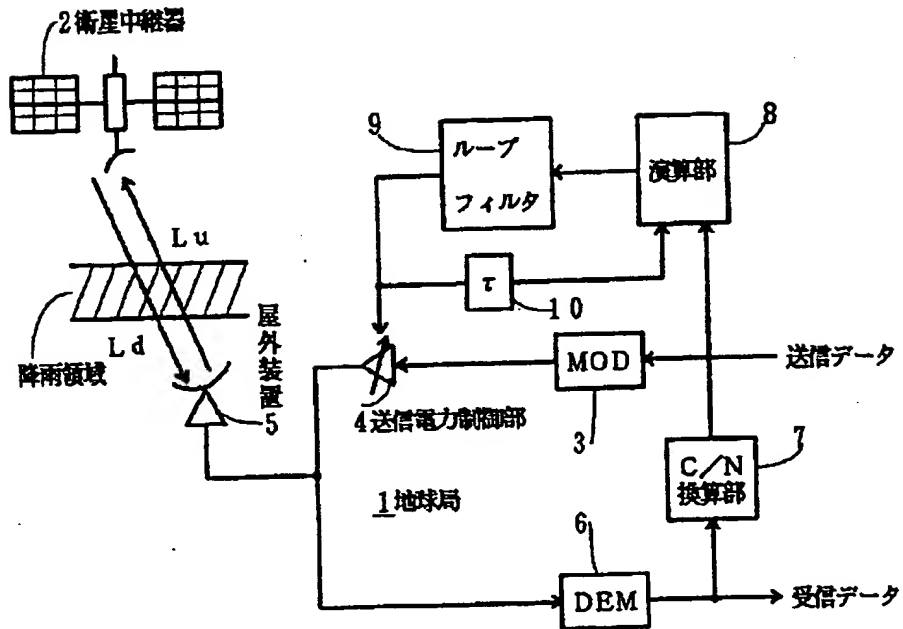
## ローパスフィルタの実施例





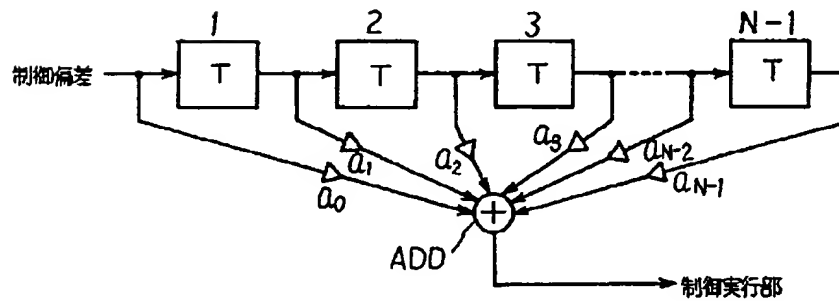
【図1】

## 本発明の原理図



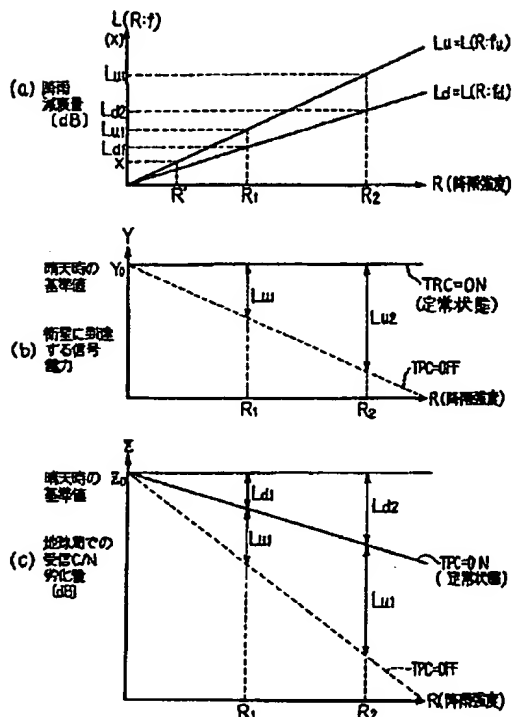
【図8】

## ローパスフィルタの実施例



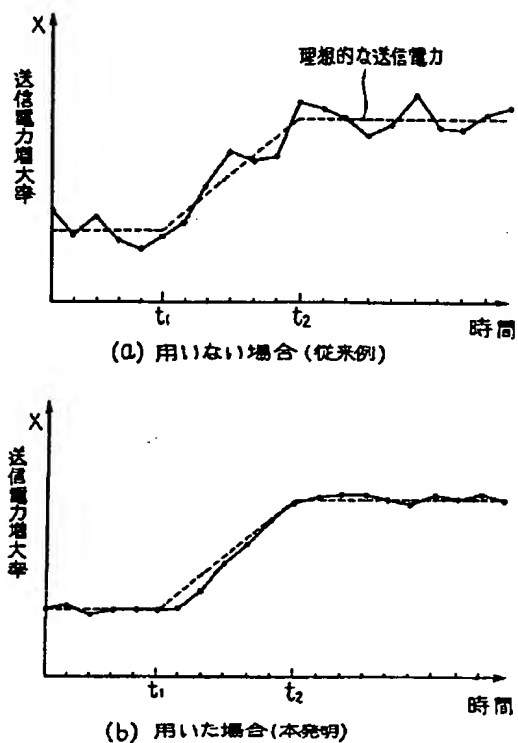
【図2】

本発明で用いる制御特性



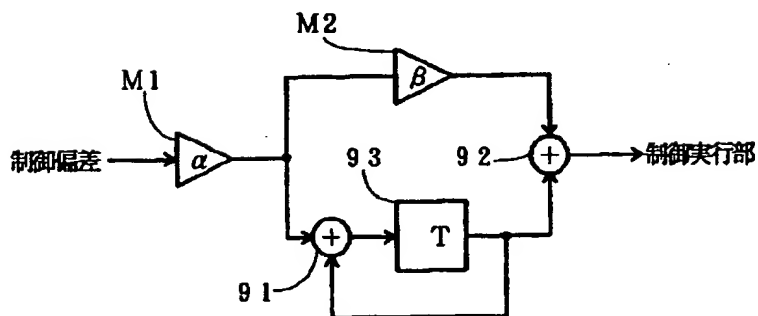
【図3】

ループフィルタの作用説明



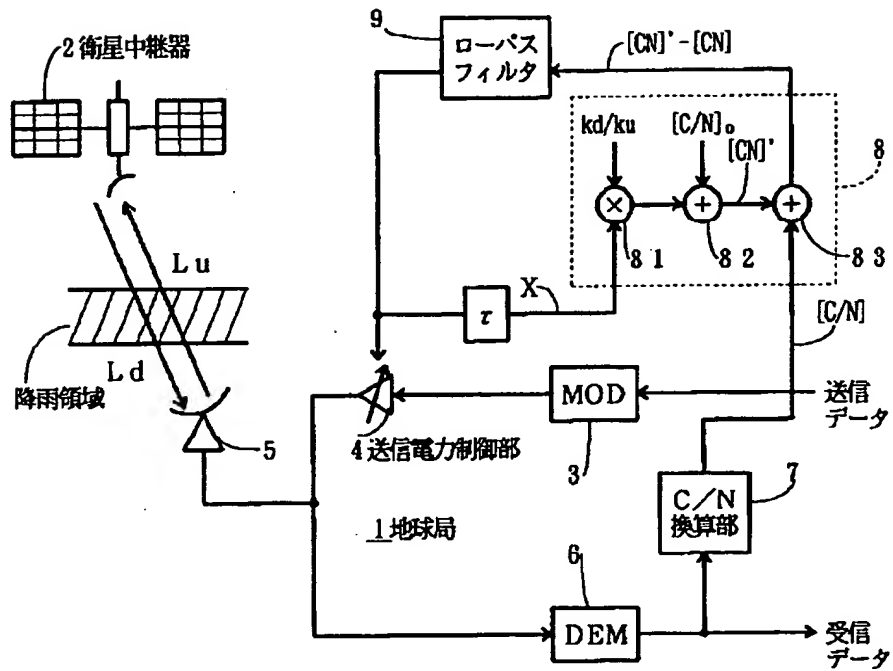
【図9】

ローパスフィルタの実施例



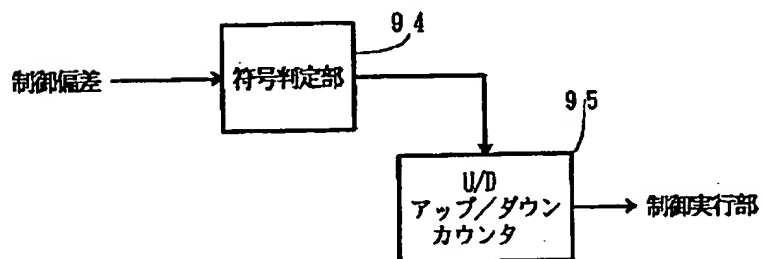
【図4】

## 第1の本発明の一実施例



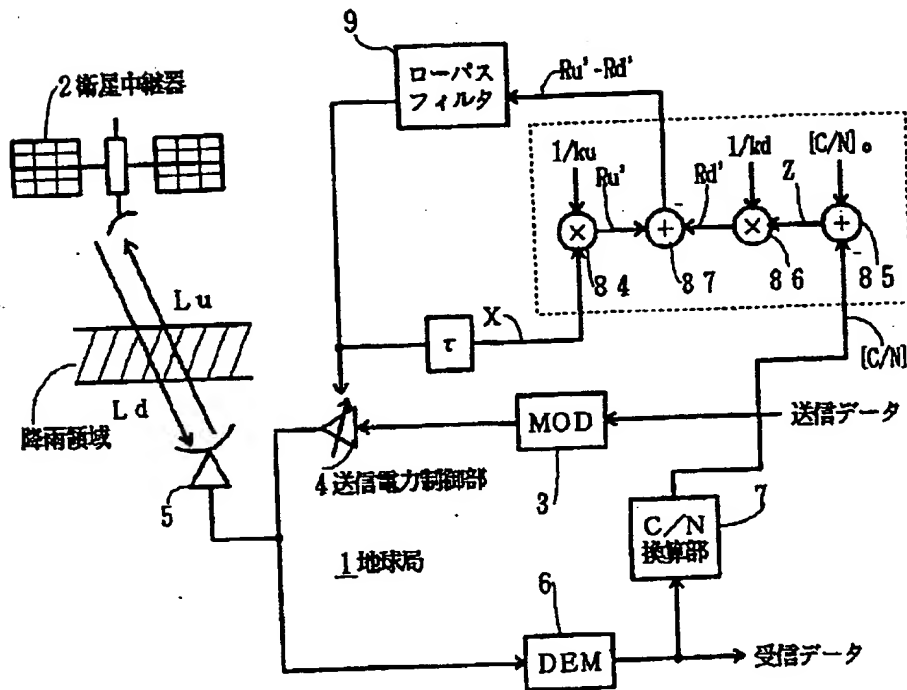
【図10】

## ローパスフィルタの実施例



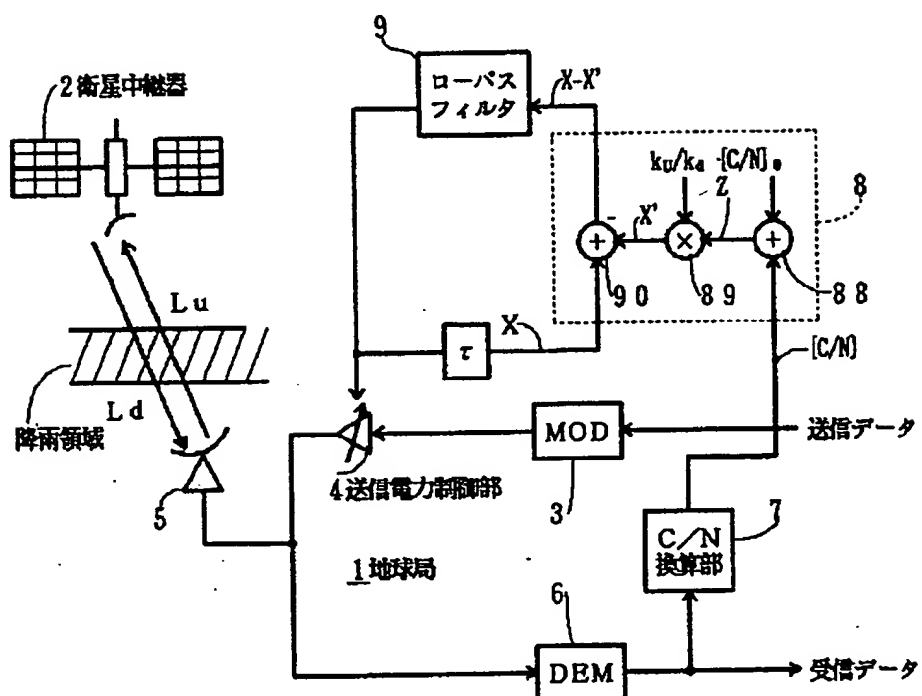
【図5】

## 第2の本発明の一実施例



【図6】

## 第3の本発明の実施例



フロントページの続き

(72)発明者 御代 時博  
 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
 富士通株式会社内

(72)発明者 風間 宏志  
 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
 本電信電話株式会社内